

## Les réseaux trophiques de l'Aire Marine Protégée de Bamboung

LE LOC'H François

Les estuaires ouest africains ont été étudiés en termes de composition faunistique (Albaret et al. 2004 ; Baran 2000 ; Ecoutin et al. 2005 ; Ecoutin et al. 2010 ; Simier et al. 2004), mais leurs caractéristiques trophiques demeurent peu connues. Au sein des chaînes alimentaires estuariennes, de nombreuses espèces de poissons se nourrissent de détritus (Winemiller et al. 2007), mais les interactions trophiques sont souvent complexes en raison de la grande diversité des sources de carbone disponibles (Richoux and Froneman 2007). Les analyses de contenus stomacaux ont été utilisées avec succès pour décrire la structure des réseaux trophiques (Winemiller 1990), mais elles requièrent un grand nombre d'échantillons et ne reflètent pas toujours la nourriture assimilée.

Depuis une trentaine d'années, une nouvelle méthode basée sur l'analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote a été employée pour étudier les interactions trophiques au sein des écosystèmes. Cette méthode est basée sur le principe qu'un prédateur est enrichi en isotopes lourds par rapport à sa proie et ceci de façon prédictible. De nombreuses études suggèrent que ces variations sont proches de 1‰ pour le carbone et de 3,4‰ pour l'azote (DeNiro and Epstein 1978, 1981 ; Peterson and Fry 1987). La combinaison de ces deux ratios isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ ) permet l'examen des interactions entre organismes en termes de ressources utilisées et de niveau trophique (Fry 2006).

Dans cette étude, nous avons analysé la structure et la variation temporelle du réseau trophique de l'AMP de Bamboung avec les isotopes stables du carbone et de l'azote. Nous avons cherché d'une part à mettre en évidence les principales voies trophiques entre les différents niveaux trophiques. D'autre part, nous avons caractérisé la dynamique trophique générale en fonction de la distribution de biomasse au sein des différents niveaux trophiques.

La zone centrale de l'AMP a été échantillonnée en mai et octobre 2007 lors des suivis récurrents de la faune ichtyologique. Les poissons ont été capturés à l'aide de la senne tournante dans les stations de la partie centrale de l'AMP. Les producteurs primaires (les feuilles de mangroves, la matière organique particulaire et les micro-algues benthiques) ont également été récoltés ainsi que le zooplancton, les huitres de palétuviers (*Crassostrea gasar*), les moules (*Modiolus nigeriensis*), les arches (*Arca senilis*) et le gastéropode *Pugilina morio*.

Les signatures isotopiques stables sont exprimées dans la notation conventionnelle  $\delta$  en pour mille (‰). Le niveau trophique (NT) des espèces a été calculé avec l'équation :

$$\text{NT}_{\text{consommateur}} = \lambda + (\delta^{15}\text{N}_{\text{consommateur}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{copépodes}}) / 3,4$$

où  $\delta^{15}\text{N}_{\text{copépodes}}$  est le ratio isotopique stable de l'azote servant de ligne de base dans cette étude,  $\lambda$  est le niveau trophique de la ligne de base and 3,4 est le facteur d'enrichissement estimé pour le  $^{15}\text{N}$  (Minagawa et Wada 1984). Ici, nous avons considéré que les copépodes pélagiques utilisés comme ligne de base avaient un NT de 2 (Persic et al. 2004 ; Vander Zanden et al. 1999 ; Vander Zanden et Rasmussen 1999). La longueur des chaînes trophiques a été définie comme le nombre maximum de niveaux trophiques au sein de chaque réseau trophique (Jennings et Warr 2003 ; Post et al. 2000b ; Vander Zanden et al. 1999) et correspond à la valeur maximale calculée avec l'équation précédente. Le niveau trophique

maximum est une variable continue et peut détecter de subtils changements dans les longueurs de chaînes alimentaires (Post et al. 2000a).

Les groupes trophiques ont été identifiés sur la base des observations des contenus stomacaux réalisées dans l'estuaire du Sine Saloum depuis de nombreuses années (Diouf 1996 ; Gning et al. 2008 ; Gning et al. 2010) et des données non publiées, complétées par des informations obtenues de Fishbase (<http://www.fishbase.org>; trophic ecology). Les poissons ont été classés en cinq principaux groupes trophiques : les consommateurs de particules pélagiques, les brouteurs, les prédateurs benthiques, les prédateurs pélagiques et les prédateurs benthopélagiques sur la base de la transformation logarithmique de leur signatures isotopiques (Davenport et Bax 2002).

Les résultats des analyses isotopiques sont présentés dans l'annexe 8.1. Les groupes de consommateurs sont déterminés sur la base d'une classification ascendante hiérarchique (méthode de Ward, Le Loc'h et al. 2008) et définis sur la base des modes de nutrition (annexe 8.1).

En mai, cinq groupes ont été identifiés (Fig. 8.1). Le premier groupe rassemble les espèces se nourrissant de particules en suspension dans la colonne d'eau (water column suspension feeders : C1-WCSF) comme les bivalves *Crassostrea gasar* et *Modiolus nigerensis* qui grandissent sur les racines de palétuviers ou les copépodes pélagiques. Leur niveau trophique est proche de 2 ( $\delta^{15}\text{N}$  voisin de 4‰ et  $\delta^{13}\text{C}$  de -25‰). Un groupe intermédiaire inclut un bivalve (*Arca senilis*) et le Cichlidae *Sarotherodon melanotheron*. Il est caractérisé par un NT intermédiaire et des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  comprises entre -20 et -21‰. Un troisième groupe (C2-BAF) se compose des poissons brouteurs (Mugilidae) avec des NT de 2,7 à 3,0 et un  $\delta^{13}\text{C}$  moyen proche de -17,5‰. Le gastéropode *Pugilina morio*, le poisson pélagique *Ethmalosa fimbriata* et le poisson benthopélagique carnivore *Dasyatis margaritella* composent le groupe hétérogène des consommateurs à affinité pélagique (C2-PAF) avec des NT proches de 3 et une large distribution des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  allant de -23,6 à 20,9‰. Le dernier groupe (C2-int) rassemble les prédateurs (poissons piscivores et poissons consommant des invertébrés benthiques et pélagiques) avec des NT > 3,3.

En octobre, six groupes ont été mis en évidence par la CAH (Fig. 8.2). En plus des cinq groupes mis en évidence en mai, un groupe composé de poissons top-prédateurs (*Ilisha africana*, *Chloroscombrus chrysurus* et *Elops lacerta*) apparaît avec des NT de 4,3.

Le niveau trophique (NT) calculé avec la signature isotopique en azote des copépodes pélagiques comme ligne de base révèle une chaîne trophique plus courte en mai (NT maximum = 3,5 pour *Sardinella maderensis* et *Monodactylus sebae*) qu'en octobre (NT maximum = 4,7 pour *Elops lacerta*). Cependant, il faut noter que le  $\delta^{15}\text{N}$  des copépodes pélagiques était significativement plus faible en octobre qu'en mai.

Les biomasses de poissons collectés montrent une partition très différente des groupes trophiques définis par l'analyse des isotopes stables entre la fin de la saison sèche et la saison humide (Tab. 8.1). Les top-prédateurs qui étaient rares en mai, représentent 17,9% des captures en octobre, alors que les consommateurs secondaires baissent de 89,3% en mai à 71,5% en octobre. Les consommateurs primaires montrent aussi une forte variabilité saisonnière, oscillant entre 7,5% en mai et 0,5% en octobre.

Dans les écosystèmes estuariens de mangrove, diverses sources de nourriture (phytoplancton, micro-phytobenthos, macro-algues et épiphytes associés, phanérogames marines, feuilles de mangrove et plantes terrestres) peuvent alimenter les communautés de poissons (Layman 2007). Les signatures isotopiques de cette diversité de producteurs primaires peuvent se superposer (Bouillon et al. 2008). En raison des contraintes de terrain et techniques, toutes les

sources potentielles de nourriture comme par exemple les macro-algues et leurs épiphytes n'ont pas été échantillonnées ou analysées en dépit de leur importance potentielle (Layman 2007 ; Nagelkerken et al. 2008). Nos résultats concernant les sources de nourriture sont donc préliminaires et requièrent des études complémentaires. Néanmoins des tendances générales sont mises en évidence. La relative constance trouvée dans la signature isotopique des principales sources alimentaires est cohérente, si l'on considère les apports d'origine terrestre relativement faibles dans l'ensemble de l'estuaire inverse, en raison de l'absence de drainage des eaux de pluie (Savenije et Pagès 1992).

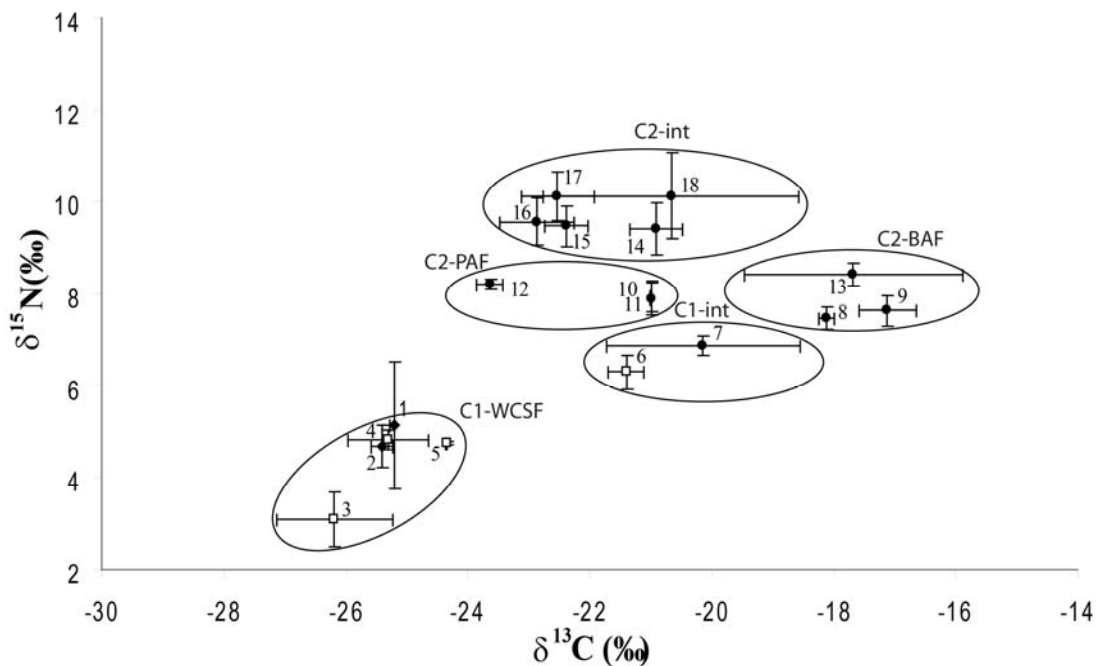


Figure 8.1 : Distribution des ratios isotopiques stables du carbone et de l'azote (moyenne  $\pm$  écart-type) au sein des groupes composant le réseau trophique de l'AMP de Bamboung en mai 2007. Les groupes d'espèces (entourés) sont le résultat de la classification ascendante hiérarchique, C1-WCSF: primary consumer-water column suspension feeders, C1-int: primary consumer intermediate, C2-BAF: secondary consumer-benthic affinity feeders, C2-PAF: secondary consumer-pelagic affinity feeders, C2-int: secondary consumer intermediate. Les losanges pleins représentent les producteurs primaires, les carrés blancs les invertébrés et les cercles pleins les poissons ; voir annexe 8.1 pour les correspondances des codes.

Aux deux périodes, les sources alimentaires potentielles principales ont été appauvries en  $^{13}\text{C}$ . Les feuilles vertes de mangrove étaient les plus appauvries en  $^{13}\text{C}$  et leur valeur moyenne de  $\delta^{13}\text{C}$  est proche de celles trouvées dans d'autres d'études d'écosystèmes de mangrove (Newell et al. 1995 ; Schwamborn et al. 2002 ; Thimdee et al. 2004 ; Wooller et al. 2003). À l'exception des algues benthiques, les producteurs primaires dans des écosystèmes estuariens ont généralement de faibles valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (France 1995). La production primaire dans les écosystèmes aquatiques repose sur le pool de carbone inorganique dissous, qui est appauvri en  $^{13}\text{C}$  en raison de l'incorporation préférentielle du  $^{12}\text{C}$  dans les tissus lors de la photosynthèse, des processus de minéralisation et de la dynamique des carbonate (Bouillon et al. 2008). La valeur moyenne de  $\delta^{13}\text{C}$  de la POM (matière organique particulaire) est semblable à celles rapportées par Gning et al. (2010) dans d'autres zones de l'estuaire du Sine Saloum.

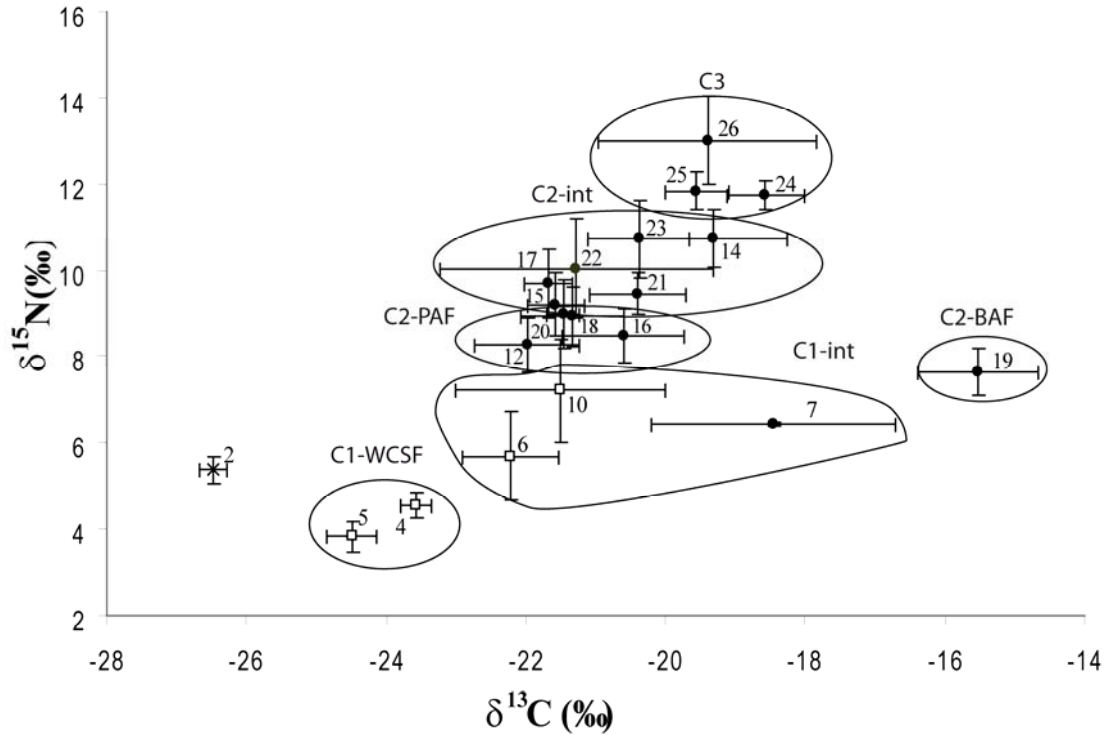


Figure 8.2 : Distribution des ratios isotopiques stables du carbone et de l'azote (moyenne  $\pm$  écart-type) au sein des groupes composant le réseau trophique de l'AMP de Bambang en octobre 2007. Les groupes d'espèces (entourés) sont le résultat de la classification ascendante hiérarchique, C1-WCSF: primary consumer-water column suspension feeders, C1-int: primary consumer intermediate, C2-BAF: secondary consumer-benthic affinity feeders, C2-PAF: secondary consumer-pelagic affinity feeders, C2-int: secondary consumer intermediate, C3: tertiary consumers. Les losanges pleins représentent les producteurs primaires, les carrés blancs les invertébrés et les cercles pleins les poissons, voir annexe 8.1 pour les correspondances des codes.

Le traçage de l'origine de la POM (matière organique particulaire) dans les environnements estuariens est délicat en raison des nombreuses sources potentielles (apports terrigènes, production primaire pélagique autochtone et allochtone, micro-algues benthiques et matière organique remise en suspension) (Riera et al. 2004 ; Wissel et Fry 2005 ; Wu et al. 2003). Cette diversité potentielle des sources alimentaires génère une grande variation des ratios isotopiques du carbone dans ces écosystèmes (Bouillon et al. 2008 ; Otero et al. 2003). Les ratios C/N sont souvent utilisés en complément pour mettre en évidence l'origine de matière organique dans les écosystèmes (Wu et al. 2003). En effet, les ratios isotopiques de la POM aux deux périodes étaient semblables à ceux des feuilles vertes de mangrove. Les feuilles de mangrove plus vertes ou sénescentes n'ont que peu ou même aucune différence de signature isotopique (Bouillon et al. 2008 ; Gning et al. 2010). A l'inverse, leurs ratios C/N diffèrent notablement, indiquant que la POM ne provient pas majoritairement des feuilles décomposées de mangrove. La moyenne des ratios C/N rencontrés dans la littérature pour le phytoplancton frais (C/N = 6 - 9) (Duarte 1992 ; Marguillier et al. 1997 ; Redfield et al. 1963) suggère que la POM est probablement constituée d'un mélange de phytoplancton et de matière sédimentée remise en suspension (micro-phytobenthos, matière organique détritique). Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  de la SOM (matière organique sédimentaire) sont en accord avec ceux trouvés par Bouillon et al. (2002) dans la mangrove d'Inde, et varient de -24‰ à -17‰, avec des valeurs moyennes de -21‰. L'enrichissement relatif en  $^{13}\text{C}$  de la SOM comparé aux autres sources a été

précédemment passé en revue dans Bouillon et al. (2008) et a été attribué aux effets de décomposition par les micro-organismes.

Tableau 8.1 : Correspondance entre la structure en biomasse de la communauté de poissons (biomasse totale et pourcentage) et les guildes trophiques identifiées par l'analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote en mai et octobre 2007 dans l'AMP de Bambang.

Trophic groups	May 2007			October 2007		
	Biomass (kg.km <sup>-2</sup> )	Biomass (%)	Trophic level	Biomass (kg.km <sup>-2</sup> )	Biomass (%)	Trophic level
<b>Primary consumers</b>						
Intermediate	96.4	7.5	2.6	17.2	0.4	2.7 (0.2)
<b>Secondary consumers</b>						
Benthic affinity feeders	254.8	19.9	2.8 (0.1)	560.6	14.6	3.1
Pelagic affinity feeders	135.0	10.5	2.9	849.6	22.2	3.4 (0.1)
Intermediate	753.4	58.9	3.4 (0.1)	1327.8	34.7	3.8 (0.1)
<b>Tertiary consumer</b>	17.6	1.3	-	686.4	17.9	4.4 (0.2)
<b>Indeterminate</b>	21.2	1.6		385.0	10.0	
<b>Total</b>	1278.6	100		3826.6	100	

Wooller et al. (2003) a constaté que plus de 80% des débris de mangrove étaient composés d'organismes microbiens. Les  $\delta^{13}\text{C}$  des fragments de bois sont dans la gamme de ceux précédemment déterminés pour les plantes terrestres, suggérant qu'ils proviennent de la végétation adjacente. Comme indiqué par beaucoup d'autres auteurs (France 1998 ; Herman et al. 2000 ; Riera et Richard 1996), nous avons constaté que des algues benthiques avaient les ratios en carbone les plus hauts. Dans la zone sédimentaire des écosystèmes aquatiques, le CO<sub>2</sub> est limitant et la quantité de carbone disponible pour des processus photosynthétiques est réduite (France 1998). Ces deux facteurs aboutissaient souvent aux signatures isotopiques carboniques plus hautes chez les producteurs primaires. Dans une revue récente, Bouillon et al. (2008) ont évalué la valeur moyenne de  $\delta^{13}\text{C}$  des micro-algues benthiques à -18‰.

## Composition des groupes trophiques

### *En saison sèche*

Le groupe des suspensivores ont leurs valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  proches de celles de la POM. Néanmoins, leurs valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  sont relativement basses en comparaison de la valeur pour l'ensemble de la POM, suggérant une nutrition sélective des divers composants constituant la POM (Bouillon et al. 2002 ; Hentschel 1998).

Le second groupe des consommateurs primaires, le groupe C1-int est composé du poisson déposivore *Sarotherodon melanotheron* et du suspensivore benthique *Arca senilis*. Leurs ratios isotopiques du carbone sont intermédiaires entre ceux de SOM et des micro-algues benthiques, couplés avec  $\delta^{15}\text{N}$  bas, suggérant que ces organismes peuvent se nourrir des deux sources alimentaires. Ceci corrobore des études précédentes sur les régimes de la même

espèce ou d'espèces proches. Par exemple, le Cichlidae *S. melanotheron* est bien connu pour se nourrir de la matière organique déposée (Diouf 1996 ; Gning 2008 ; Kone et Teugels 2003). Les suspensivores benthiques vivant dans le sédiment, comme les bivalves, peuvent avoir un régime mixte composé de MPB mis en suspension, de POM détritique remise en suspension et de POM fraîche (Riera et Richard 1996 ; Rossi et al. 2004). Cependant, la proportion de chacune de ces sources peut varier avec la sélectivité du mode alimentaire, comme décrit par Riera et al. (2004). Le rôle de la mangrove comme source alimentaire potentielle a longtemps été discuté (voir Bouillon et al. 2008). À cause des ratios isotopiques proches de feuilles de mangrove et de SOM, conjuguées à l'absence des échantillons de macro-algues et d'épiphytes, aucune conclusion absolue ne peut être avancée concernant l'importance relative de ces différentes sources alimentaires dans le régime du groupe C1-int.

Le troisième groupe (C2-BAF) est composé uniquement par les Mugilidae. Leurs ratios isotopiques en carbone sont voisins de ceux du micro-phytobenthos, suggérant un broutage sur les micro-algues benthiques. En se basant sur l'analyse des contenus stomacaux, le mullet est généralement classé comme détritivore (mangeur de débris organique). Pourtant, l'inclusion de micro-algues benthiques dans son régime est également communément rapportée (Mbande et al. 2004 ; Paterson et Whitfield 1997). Une approche combinée récente utilisant le contenu d'estomac et l'analyse d'isotopes stables dans des écosystèmes de mangrove a révélé que le régime alimentaire des mullets variait suivant la disponibilité de la ressource dans leurs habitats spécifiques. Bien que des micro-algues benthiques restent le composant assimilé principal, les macro-algues, les débris organiques, les plantes vasculaires et les invertébrés benthiques font également partie du régime alimentaire (Lin et al. 2007). Le niveau trophique relativement haut, trouvé dans notre étude, suggère un rôle non-trivial des invertébrés benthique dans le régime des mullets.

Sur la base des résultats de  $\delta^{13}\text{C}$  proches de ceux de la POM, le groupe composé d'*Ethmalosa fimbriata*, *Dasyatis margaritella* et *Pugilina morio* a été classé comme espèces à affinité pélagique (C2-PAF). *E. fimbriata* appartient au groupe des espèces estuariennes d'origine marine comme défini dans Albaret (1999), elles se rencontrent dans les estuaires à la fois au stade juvénile et adulte. Le statut trophique d'*E. fimbriata* a été largement étudié. (Fagade et Olaniyan 1973) ; chez des spécimens de taille allant de 50 mm à 130 mm, ils ont trouvé un régime alimentaire composé principalement de matière organique déposée et de zooplancton ; chez les spécimens >130 mm, la proportion de phytoplancton était en nette augmentation. Charles-Dominique (1982) a, quant à lui, conclu que le régime d'*E. fimbriata* était fortement opportuniste et pouvait inclure à la fois plancton ou débris, en fonction de leur disponibilité. Dans l'estuaire du Sine Saloum, *E. fimbriata* a été décrit comme une espèce microphage par Diouf (1996). Nos résultats d'isotopes stables sont en accord avec ceux de Gning et al. (2008), lesquels ont montré que les juvéniles d'*E. fimbriata* sont des consommateurs secondaires, s'alimentant principalement sur de petits crustacés, copépodes, ostracodes, invertébrés benthiques, gastéropodes, bivalves et ascidies. Malgré leur comportement de consommateur benthique, *Pugilina morio* et *Dasyatis margaritella* sont connectés au groupe des C2 à affinité pélagique car ils consomment des invertébrés benthiques, comme des bivalves, qui ont un régime principalement basé sur la POM.

Les consommateurs intermédiaires secondaires (C2-int) rassemblent les poissons benthophages et les carnivores généralistes. Les ratios isotopiques mesurés dans notre étude pour les deux espèces de Gerreidae sont proches de ceux mesurés par Gning et al. (2010) pour des juvéniles d'*Eucinostomus melanopterus* dans le bolon de Bapindo, qui est voisin de l'AMP de Bamboung. L'analyse des contenus stomacaux effectuée par ces auteurs sur les spécimens de même écophase a révélé un régime alimentaire basé à la fois sur des invertébrés benthiques (polychètes, ostracodes et bivalves) et sur des copépodes. Le statut de

benthophage de ces deux espèces de Gerreidae a été précédemment rapporté dans d'autres régions africaines (Longhurst 1957; Fagade et Olaniyan 1973 ; Albaret et Desfossez 1988). *Lutjanus goreensis* et *Monodactylus sebae* ont des ratios légèrement plus élevés comparés aux deux Gerreidae. Cela peut être expliqué par l'inclusion de proies supplémentaires comme les poissons, les macro-crustacés et le zooplancton dans leur régime alimentaire, comme cela a été décrit dans des espèces du même genre par Marguillier et al. (1997) et Mbande et al. (2004).

#### *A la fin de la saison humide*

Le groupe trophique attribué à chaque espèce peut évoluer de mars (saison sèche) à octobre (fin de la saison humide). Les deux Gerreidae (*Eucinostomus melanopterus* et *Gerres nigri*) et le Clupeidae (*Ethmalosa fimbriata*) ont évolué du groupe des consommateurs secondaires intermédiaires au groupe des consommateurs secondaires à affinité pélagique. Les espèces de poisson nouvellement recrutées dans le groupe des C2-PAF ont des ratios isotopiques de carbone très proches de ceux de plusieurs espèces appartenant au groupe des consommateurs secondaires intermédiaires. Dans d'autres cas, même si certaines espèces ont changé de groupe trophique entre les deux saisons, leur niveau trophique est resté inchangé. Deux raisons peuvent expliquer ces différences entre les deux groupes trophiques. Tout d'abord, le groupe C2-PAF n'est pas fonctionnellement éloigné du groupe C2-int, celui-ci incluant à la fois des poissons à affinité pélagique et benthique. Ensuite, nous avons formulé l'hypothèse que les changements de position trophique observés chez certaines espèces ne reflètent pas nécessairement une variabilité temporelle dans le type de proie qu'elles exploitent. Selon Post et Takimoto (2007), la variabilité de la longueur de chaîne alimentaire peut être liée à la fois à des changements dans la position trophique d'une proie intermédiaire et à l'ajout ou au retrait d'un prédateur (mécanisme d'insertion) modifiant ainsi les interactions trophiques. Ils soutiennent l'idée que les changements de position trophique d'un prédateur peuvent se produire sous l'influence de l'omnivorie ou par un mécanisme d'insertion. Les changements observés au milieu de la structure du réseau trophique de l'AMP de Bamboung résultent de la présence de plus d'espèces qui sont relativement plus enrichies en <sup>15</sup>N, contribuant ainsi à l'allongement de la chaîne alimentaire. Par exemple, le groupe des C2-int a été renforcé par la présence d'espèce à tendance piscivore prononcée, comme *Arius latiscutatus* et *Ilisha africana* et de consommateurs d'invertébrés de grande taille comme les Haemulidae (Longhurst 1957 ; Diouf, 1996). *I. africana*, *C. chrysurus* et *E. lacerta* constituent le groupe de prédateurs supérieurs (C3), avec un NT moyen de 4,4. *I. africana* est un piscivore malacophage et un mangeur de crustacés (Marcus 1986 ; Vakily et Cham 2003) conduisant à son haut niveau trophique. Les études trophiques sur *C. chrysurus* sur la côte de l'Afrique de l'Ouest sont rares. Chaves et Umbria (2003), sur la côte brésilienne, considèrent cette espèce comme une espèce carnivore benthopélagique qui s'alimente principalement sur le zooplancton, les invertébrés benthiques et les poissons. La présence additionnelle d'un troisième niveau trophique contribue à l'allongement des chaînes alimentaires en octobre. Selon Simier et al. (2004) et Ecoutin et al. (2005, 2010), la présence des espèces de poissons dans les écosystèmes estuariens d'Afrique de l'Ouest est principalement déterminée par leurs traits écologiques et seulement secondairement par les contraintes hydrologiques et physiques. Cependant, les changements saisonniers de structure au sein des réseaux trophiques sont sous l'influence directe du turnover des espèces.

## **Structure du réseau trophique**

La longueur des chaînes alimentaires, estimée à partir des ratios isotopiques d'azote des consommateurs primaires, révèle un motif. Vander Zanden et Rasmussen (1999) ont constaté que les ratios d'azote des consommateurs primaires varient largement entre habitats et ceci peut biaiser l'estimation des positions trophiques des prédateurs. Aux deux saisons, nos échantillons ont été collectés dans les mêmes zones, réduisant le biais dû à la variation spatiale. De plus, Post (2002) soutient l'hypothèse que le fractionnement isotopique entre niveaux trophiques, est plus important que l'estimation de la ligne de base pour la détermination des niveaux trophiques des grands prédateurs. Ces questions ne sont pas dans le cadre de la présente étude. Les changements de longueur de chaîne alimentaire ont été, ainsi, attribués aux variations saisonnières dans la composition faunistique, comme l'ont également montré Post et Takimoto (2007). La chaîne alimentaire la plus longue, qui a été observée en octobre, résulte de la présence d'une plus grande diversité d'espèces à la fin de la saison humide. Une augmentation du niveau trophique au sein des communautés de poissons dans une zone de « no take » est attendue en comparaison de zones pêchées (Pauly et al. 2001). Cependant, Vizzini et Mazzola (2009), en utilisant également des isotopes stables dans une AMP en Méditerranée, n'ont pas trouvé de différence entre zone protégée et zone pêchée. Dans l'AMP de Bamboung, les niveaux trophiques observés sont en effet généralement plus hauts que les niveaux trophiques moyens issus de FishBase et ceux estimés par Villanueva et al. (2005) par l'utilisation d'un modèle Ecopath sur l'ensemble de l'estuaire du Sine Saloum (Tab. 8.2). Ceci peut être un effet de la réserve, bien que ces deux méthodes d'évaluation des niveaux trophiques soient très différentes. Le fractionnement isotopique (Barnes et al. 2007), la taille des poissons (Cocheret de la Morinière et al. 2003), l'habitat local et la disponibilité de la nourriture peuvent également jouer un rôle pour les valeurs observées (Gning et al. 2010).

Dans l'AMP de Bamboung, le réseau trophique des poissons aux deux périodes d'observation est dominé par les consommateurs secondaires qui sont principalement des brouteurs (se nourrissant sur des micro-algues benthiques et de la SOM) et des consommateurs d'invertébrés, représentant 89% de la biomasse totale en mai et 71% en octobre. Cette évolution temporelle est compensée par la présence de consommateurs tertiaires dans le réseau trophique en octobre. La stabilité relative trouvée dans la composition fonctionnelle du réseau trophique réduit la grande fluctuation saisonnière de la richesse spécifique. Par exemple, les consommateurs secondaires à affinité benthique, principalement représentés par les mullets, ont montré une relative constance en termes de biomasse entre les deux saisons, alors que ce groupe trophique était quasiment monospécifique à la saison humide (présence de suspensivores et de déposivores intermédiaires, et des consommateurs secondaires (consommateurs intermédiaires et d'affinité benthiques et pélagiques)). Le réseau trophique en saison humide a inclus un troisième niveau trophique, les consommateurs tertiaires, aboutissant à un allongement de la chaîne alimentaire avec un niveau trophique maximum évalué par  $\delta^{15}\text{N}$  passant de 3,5 à 4,7. Nos résultats souffrent tout de même de l'absence de la signature isotopique de quelques sources alimentaires (les macro-algues et leurs épiphytes) et également d'invertébrés benthiques, qui à cause de leur rôle fonctionnel à la base du réseau trophique doivent être étudiés. Néanmoins, cette étude contribue à une meilleure définition de la structure du réseau trophique des poissons au sein d'un écosystème estuarien tropical dynamique.



Tableau 8.2 : Comparaisons entre les niveaux trophiques calculés à partir des signatures en isotopes stables et ceux trouvés dans Fishbase (Froese and Pauly 2009) et dans Villanueva et al. (2005). TL FB : niveau trophique de Fishbase; TL MV : niveau trophique de Villanueva. En gras : NT de Fishbase plus grand que les NT de mai et octobre. -: pas disponible.

Fish species	TL May 2007	TL Oct 2007	TL FB	TL MV
<i>Arius latiscutatis</i>	-	4.0	3.2	3.4
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	-	4.3	3.3	3.2
<i>Dasyatis margaritatella</i>	2.9	-	<b>3.5</b>	<b>3.2</b>
<i>Elops lacerta</i>	-	4.7	3.0	3.6
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	3.0	3.3	2.8	2.6
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	3.4	3.3	3.3	-
<i>Galeodes decadactylus</i>	-	3.6	3.3	3.4
<i>Gerres nigri</i>	3.3	3.5	3.3	3.0
<i>Ilisha africana</i>	-	4.3	2.8	3.0
<i>Liza dumerili</i>	-	3.1	2.4	-
<i>Liza falcipinnis</i>	3.0	-	2.4	-
<i>Lutjanus goreensis</i>	3.3	4.0	<b>4.6</b>	-
<i>Monodactylus sebae</i>	3.5	3.7	<b>3.9</b>	3.2
<i>Mugil bananensis</i>	2.8	-	2.0	-
<i>Mugil curema</i>	2.7	-	2.0	-
<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	-	3.5	3.5	-
<i>Pomadasys perotai</i>	-	3.8	3.6	-
<i>Sardinella maderensis</i>	3.5	3.5	2.8	2.7
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	2.6	2.7	2.5	2.7

### Ce qu'il faut retenir :

Dans l'AMP de Bamboung, le réseau trophique des poissons aux deux périodes d'observation est dominé par les consommateurs secondaires qui sont principalement des brouteurs et des consommateurs d'invertébrés. Ils représentent 89% de biomasse totale en mai et 71% en octobre. Cette évolution temporelle est compensée par la présence de consommateurs tertiaires dans le réseau trophique en octobre. La stabilité relative trouvée dans la composition fonctionnelle du réseau trophique tamponne la grande fluctuation saisonnière observée de la richesse spécifique.

Le réseau trophique en saison humide inclut un troisième niveau trophique, les consommateurs tertiaires, conduisant à un allongement de la chaîne alimentaire avec un niveau trophique maximum évalué par  $\delta^{15}\text{N}$  passant de 3,5 en mai à 4,7 en octobre.

Nos résultats souffrent de l'absence de signatures isotopiques de plusieurs sources alimentaires et, en particulier, de celles d'invertébrés benthiques, qui, en raison de leur rôle fonctionnel à la base du réseau trophique, devraient être étudiés dans l'avenir. Néanmoins, cette étude contribue à une meilleure définition de la structure du réseau trophique des poissons au sein d'un écosystème estuarien tropical dynamique.

**Annexe 8.1** : Composition isotopique stable moyenne en carbone et azote ( $\pm$  écart type), rapport C/N, niveau trophique (TL) en mai et octobre 2007 dans le bolon de Bamboung, et codes des groupes pour les figures.

	May 2007					October 2007				
	Code	Feeding mode	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	TL	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	C/N	TL
Microphytobenthos			-	-17.3 $\pm$ 1.3	-	-	-	-	-	-
Sediment organic matter				-24.8 $\pm$ 0.1	22.2			-24.4 $\pm$ 0.4	19.2	
<i>Rhizophora racemosa</i>	2		4.6 $\pm$ 0.4	-25.3 $\pm$ 0.1	45.8		5.3 $\pm$ 0.3	-26.4 $\pm$ 0.2	36.7	
Particulate organic matter	1		5.1 $\pm$ 1.1	-25.2 $\pm$ 0.1	11.1		-	-25.0 $\pm$ 0.4	5.5	
Wood fragments			-	-	-		1.3 $\pm$ 0.1	-24.8 $\pm$ 0.1	34.5	1.2
Ascidians			-	-	-		-	-26.4 $\pm$ 0.0	6.2	
Bivalves										
<i>Arca senilis</i>	6	Pelagic particulate feeder	6.3 $\pm$ 0.3	-21.4 $\pm$ 0.3	4.5	2.4	5.6 $\pm$ 1.0	-22.2 $\pm$ 0.6	4.3	2.5
<i>Crassostrea gasar</i>	4	Pelagic particulate feeder	4.8 $\pm$ 0.2	-25.5 $\pm$ 0.6	5.2	2.0	4.5 $\pm$ 0.2	-23.5 $\pm$ 0.2	5.6	2.2
<i>Modiolus negeiensis</i>	3	Pelagic particulate feeder	3.4 $\pm$ 0.8	-26.4 $\pm$ 1.0	5.0	1.6	-	-	-	-
Crustaceans										
Pelagic copepods	5	Pelagic particulate feeder	4.7 $\pm$ 0.1	-24.3 $\pm$ 0.1	5.7	2.0	3.8 $\pm$ 0.3	-24.4 $\pm$ 0.3	6.4	2.0
Gastropods										
<i>Pugilina morio</i>	10	Benthic predator	7.9 $\pm$ 1.0	-20.9 $\pm$ 1.6	5.0	2.9	7.2 $\pm$ 1.1	-21.5 $\pm$ 1.5	4.2	3.0
Fishes										
<i>Arius latiscutatus</i>	23	Benthic predator	-	-	-	-	10.7 $\pm$ 0.8	-20.3 $\pm$ 0.7	3.7	4.0
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	25	Pelagic particulate feeder	-	-	-	-	11.8 $\pm$ 0.4	-19.5 $\pm$ 0.4	3.5	4.3
<i>Dasyatis margaritella</i>	11	Benthic-pelagic predator	7.8 $\pm$ 0.3	-21 $\pm$ 0.1	2.9	2.9	-	-	-	-
<i>Elops lacerta</i>	26	Pelagic predator	-	-	-	-	13.0 $\pm$ 1.0	-19.4 $\pm$ 1.5	3.5	4.7
<i>Eihmalosa fimbriata</i>	12	Pelagic particulate feeder	8.2 $\pm$ 0.1	-23.6 $\pm$ 0.2	3.5	3.0	8.2 $\pm$ 0.6	-21.9 $\pm$ 0.7	3.5	3.3
<i>Euclinostomus melanopterus</i>	16	Benthic predator	9.5 $\pm$ 0.5	-22.8 $\pm$ 0.6	3.5	3.4	8.4 $\pm$ 0.6	-20.6 $\pm$ 0.8	3.5	3.3
<i>Galeoides decadactylus</i>	21	Benthic predator	-	-	-	-	9.4 $\pm$ 0.4	-20.3 $\pm$ 0.7	3.4	3.6
<i>Gerrus nigri</i>	15	Benthic predator	9.4 $\pm$ 0.4	-22.3 $\pm$ 0.3	3.5	3.3	9.2 $\pm$ 0.7	-21.5 $\pm$ 0.4	3.4	3.5
<i>Ilisha africana</i>	24	Pelagic particulate feeder	-	-	-	-	11.7 $\pm$ 0.3	-18.5 $\pm$ 0.5	3.4	4.3
<i>Liza dumerili</i>	19	Grazer	-	-	-	-	7.6 $\pm$ 0.5	-15.5 $\pm$ 0.8	3.7	3.1
<i>Liza falcipinnis</i>	13	Grazer	8.4 $\pm$ 0.2	-17.6 $\pm$ 1.8	3.4	3.0	-	-	-	-
<i>Lutjanus gorensis</i>	14	Benthic predator	9.4 $\pm$ 0.5	-20.9 $\pm$ 0.4	3.5	3.3	10.7 $\pm$ 0.6	-19.3 $\pm$ 1.0	3.5	4.0
<i>Monodactylus sebae</i>	17	Benthic-pelagic predator	10.1 $\pm$ 0.5	-22.5 $\pm$ 0.6	3.5	3.5	9.6 $\pm$ 0.7	-21.6 $\pm$ 0.3	3.5	3.7
<i>Mugil bananensis</i>	9	Grazer	7.6 $\pm$ 0.3	-17.1 $\pm$ 0.4	3.5	2.8	-	-	-	-
<i>Mugil curema</i>	8	Grazer	7.4 $\pm$ 0.2	-18.1 $\pm$ 0.1	3.5	2.7	-	-	-	-
<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	20	Benthic predator	-	-	-	-	8.9 $\pm$ 0.7	-21.4 $\pm$ 0.2	3.5	3.5
<i>Pomadasys perotaei</i>	22	Benthic predator	-	-	-	-	10.0 $\pm$ 1.1	-21.2 $\pm$ 1.9	4.3	3.8
<i>Sardinella maderensis</i>	18	Pelagic particulate feeder	10.1 $\pm$ 0.9	-20.6 $\pm$ 2.1	3.6	3.5	8.9 $\pm$ 0.6	-21.3 $\pm$ 0.7	3.6	3.5
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	7	Grazer	6.8 $\pm$ 0.2	-20.1 $\pm$ 1.5	3.5	2.6	6.4 $\pm$ 0.0	-18.4 $\pm$ 1.7	3.5	2.7

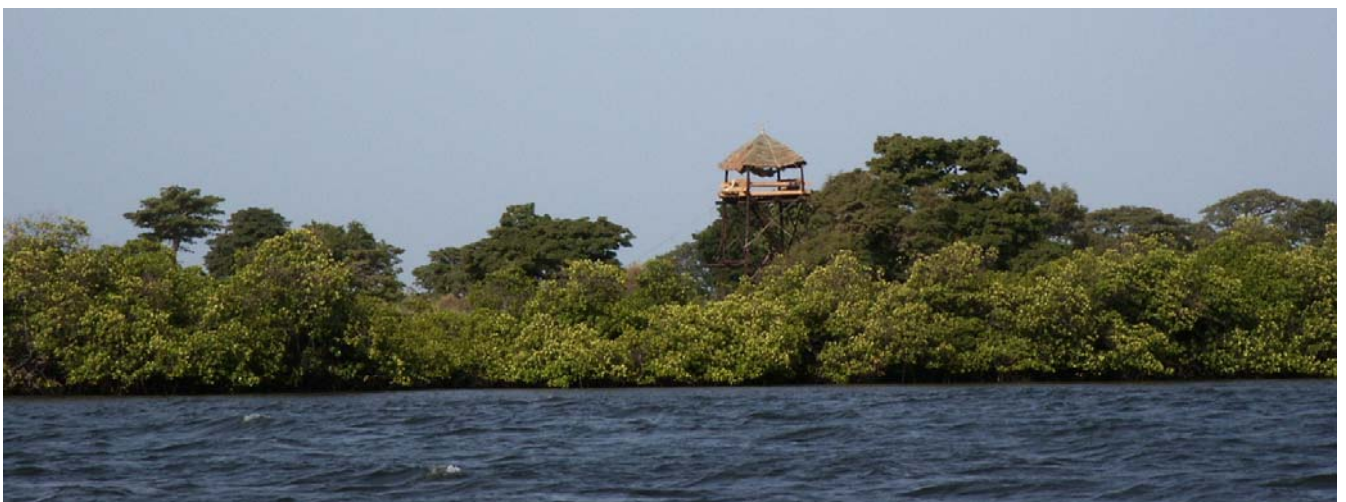


# **L'Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung (Sine Saloum) : Synthèse 2003 – 2011**

**Ecoutin J.M. (éditeur scientifique)**

**avec la collaboration de :**

**Béhagle N., Brochier T., Guillard J., Laë R.,  
Lebourges Dhaussy A., Le Loc'h F., Raffray J., Sadio O.,  
Simier M., Sow I., Tito de Morais L.**



**Dakar, juin 2013**

# Plan de la synthèse

<b>Introduction</b>	1
<b>L’Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung : histoire, localisation et protocole de collecte de données</b> ECOUTIN Jean Marc, SOW Ibrahima et SIMIER Monique	5
<b>L’environnement hydroclimatique de l’Aire Marine Protégée de Bamboung de 2003 à 2011</b> SIMIER Monique	19
<b>Inventaire faunistique de l’Aire Marine Protégée de Bamboung : guildes fonctionnelles (écologique et trophique)</b> SIMIER Monique	27
<b>Le peuplement de référence avant la mise en défens, comparaison avec les peuplements de sites proches</b> ECOUTIN Jean Marc, SADIO Oumar et SIMIER Monique	35
<b>Les grands traits évolutifs du peuplement de poissons de 2003 à 2011</b> ECOUTIN Jean Marc, SIMIER Monique et SADIO Oumar	49
<b>Comparaison du peuplement de poissons de Bamboung avec celui d’un site autorisé à l’exploitation halieutique, le bolon de Sangako</b> SADIO Oumar et ECOUTIN Jean Marc	77
<b>Evolution saisonnière du peuplement de poissons dans l’Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung</b> LAË Raymond, ECOUTIN Jean Marc et SIMIER Monique	99
<b>Les réseaux trophiques de l’Aire Marine Protégée de Bamboung</b> LE LOC’H François	109
<b>Modélisation du fonctionnement trophique ou écosystémique</b> TITO de MORAIS Luis, LE LOC’H François et BROCHIER Timothée	119
<b>L’acoustique comme outil d’échantillonnage des peuplements de poissons</b> BEHAGLE Nolwenn, GUILLARD Jean, SOW Ibrahima et LEBOURGES-DHAUSSY Anne	133
<b>L’Aire Marine Protégée de Bamboung, un impact sur le peuplement de poissons ?</b>	145
<b>Références bibliographiques</b>	149